

# 家庭用燃料電池システムの普及拡大に向けた取り組み

## Approaches toward Expansion of Residential Fuel Cell Systems

小川 雅弘 矢吹 正徳

■OGAWA Masahiro ■YABUKI Masanori

家庭用燃料電池システム“エネファーム<sup>(注1)</sup>”は、その優れた省エネ性と二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量削減効果により政府が設置目標を定め普及を推進している。

東芝は、30年を超える燃料電池の技術開発をベースに、2009年度に商品化に成功して以来、5年間で約4万台を出荷した。2013年には増産体制を整え、2014年度は更に新モデルを投入するとともに、エネファームの普及拡大を目指して集合住宅向けや拡張自立機能搭載機など利便性を向上させたモデルの投入などラインアップ拡充を進めている。また、海外市場への進出や、将来の水素社会を見据えた純水素型燃料電池の開発も視野に入れている。

The development of fuel cell systems is progressing in Japan for energy conservation and the reduction of carbon dioxide emissions. The Japanese government is promoting the dissemination of residential fuel cell systems, with cumulative targets of 1.4 million units installed by 2020 and 5.3 million units by 2030.

Based on more than three decades of research and development of fuel cells, Toshiba released a residential fuel cell system called ENE-FARM in 2009. In the five years since then, approximately 40,000 units have been shipped. We shifted the manufacturing base to a new factory to increase production in 2013, and introduced a new model of the ENE-FARM system with high-value-added functions on the market in 2014. Moreover, to further promote the dissemination of ENE-FARM, we are making efforts to strengthen the system lineup including a model with a configuration suitable for condominium buildings and models with enhanced usability, such as a grid-independent system equipped with a self-sustaining startup function and a hydrogen fuel type system. These systems are expected to be supplied not only to the Japanese market but overseas markets as well.

## 1 まえがき

固体高分子形燃料電池(PEFC)は、高効率で環境負荷低減の観点から家庭用コージェネレーションシステムや燃料電池自動車、小型移動電源装置などに使用されている。なかでも家庭用コージェネレーションシステムは、エネファームという業界統一名称で2009年に実用化され、その高い環境性能から政府が導入を進めており、2020年で140万台、2030年で530万台の具体的な目標が掲げられている。2009年からの補助金額と交付台数の推移を図1に示す<sup>(1)</sup>。補助金の効果もあり国内市場は急速に伸びており、出荷台数は5万台/年規模に成長している。

東芝は、2009年の実用化<sup>(2)</sup>以降この5年間で約4万台を出荷し、2012年には更に効率と耐久性を高め、自立機能を付加した第2世代機を商品化した。停電時にも電気を使うことが可能となり、東日本大震災以降高まっている電源セキュリティニーズに対応した商品として広く受け入れられた。更に2014年には、従来機のメリットを継承するとともに、ユーザーの多様な要望に応えることをコンセプトに、第3世代機となる新モデルを開発した。

(注1) エネファームは、東京瓦斯(株)、大阪瓦斯(株)、及び新日本石油(株)の登録商標。

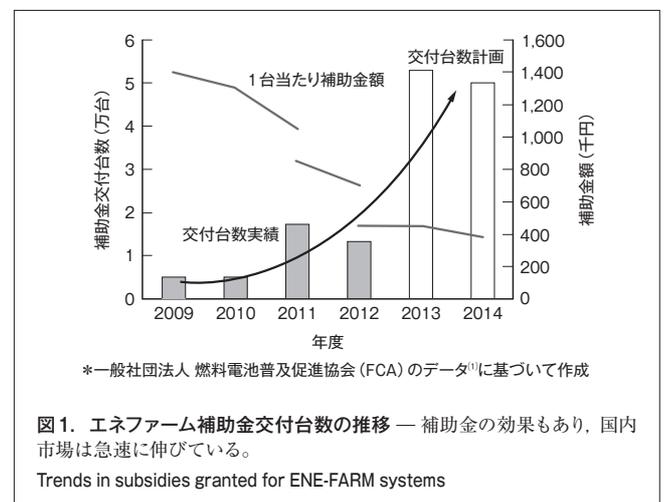


図1. エネファーム補助金交付台数の推移 — 補助金の効果もあり、国内市場は急速に伸びている。

Trends in subsidies granted for ENE-FARM systems

ここでは、新モデルの特長を中心に、当社の燃料電池システムの普及拡大に向けた取り組みについて述べる。

## 2 東芝の燃料電池開発

当社は、1970年代からりん酸形燃料電池(PAFC)システムの開発を行っており、30年を超える燃料電池開発の歴史がある(図2)。PAFCシステムでは、出力が11 MW、1 MW、及び

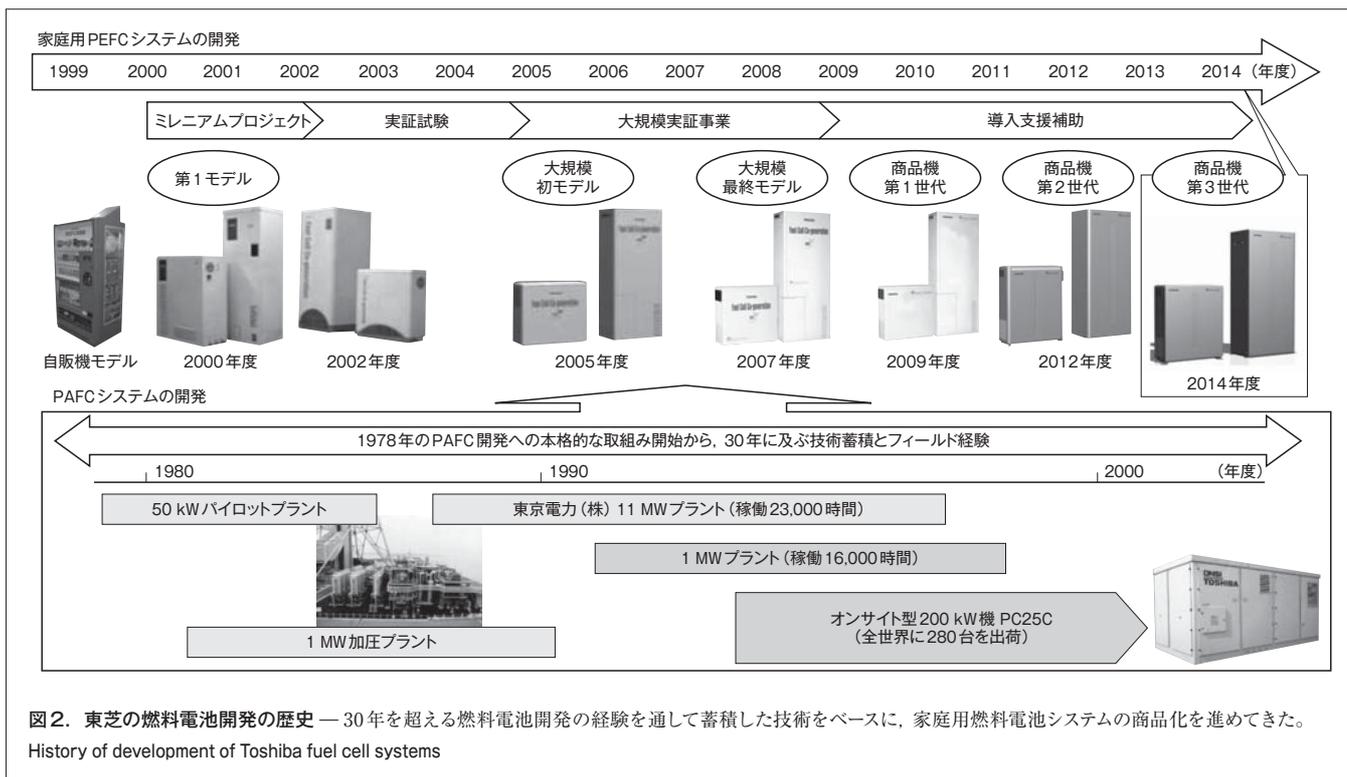


図2. 東芝の燃料電池開発の歴史 — 30年を超える燃料電池開発の経験を通して蓄積した技術をベースに、家庭用燃料電池システムの商品化を進めてきた。  
History of development of Toshiba fuel cell systems

200 kWの開発経験があり、特に200 kWの商品化に成功し全世界で280台が使われた。

この開発を通して蓄積した技術をベースに、2000年から家庭用燃料電池システムの開発に着手し、直後から図2に示す経済産業省による「燃料電池普及基盤整備事業（ミレニアムプロジェクト）」などの様々な研究に積極的に参加した。特に、2005年度から行われた「定置用燃料電池大規模実証事業」では、748台の実証機を全国の家庭に設置して実証運転を行い、大きな成果を得た。この成果をもとに2009年度の商品化につなげることができた。

当社は、今後のエネファーム出荷台数の増加に対応するため、2013年9月に製造工場を横浜事業所内に移転し、電池本体とパッケージ全体の製造を行っており、年産10万台規模の製造が可能な体制を整備した（図3）。



図3. 横浜事業所の新工場 — 年産10万台規模の増産体制を整備した。  
New factory at Yokohama Complex

### 3 第3世代機の概要と特長

#### 3.1 概要

2014年度の新モデルTM1-AEの外観を図4に、基本仕様を2012年度の従来モデルTM1-ADと比較して表1に示す。従来モデルとの相違点は、効率がより向上したこと、より狭い場所に設置可能なこと、及びより静かであることである。また、これら進化にもかかわらず、コストの低減を実現している。

#### 3.2 特長

##### 3.2.1 効率の向上 より省エネ性を高め、より経済性



図4. 2014年度の新モデル — 狭小地設置を可能にした、燃料電池発電ユニットと貯湯ユニットから構成される。  
New model of ENE-FARM

表 1. 2012 年度及び 2014 年度モデルの仕様比較

Comparison of specifications of 2012 and 2014 model-year fuel cell systems

項目		TM1-AE	TM1-AD	
商品化		2014 年	2012 年	
システム	発電出力 (W)	700	700	
	効率	定格発電効率 (%)	39	38.5
		定格総合効率 (%)	95	94
		最高発電効率 (%)	40	39
	貯湯温度 (°C)	60	60	
耐久性	電池 (h)	80,000	80,000	
	改質器 (回)	4,000	4,000	
パッケージ	設置性	設置スペース (m <sup>2</sup> )	1.8	1.9
		家屋壁からの必要スペース (cm)	70	79
		体積 (L)	234	234
	環境性	質量 (kg)	94	94
		騒音 (dB (A))	37	38
	メンテナンス性	メンテナンス周期 (年)	3.5	3.5
貯湯ユニット	タンク容量 (L)	200	200	

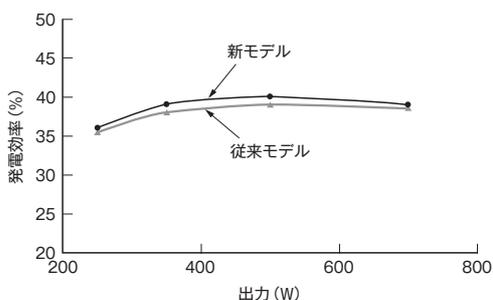


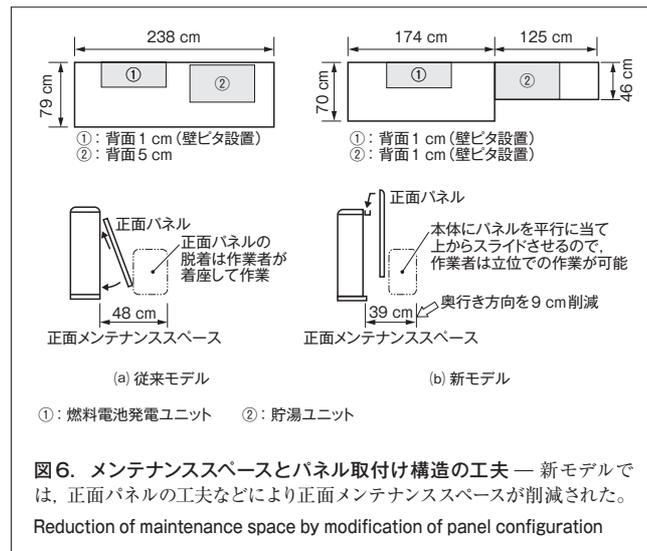
図 5. 発電効率の比較 — 新モデルは、主要機器の性能向上や回転機などの効率向上により、2012 年度モデルに比べ効率が向上している。

Comparison of electrical efficiency of 2012 and 2014 model-year fuel cell systems

を求めるには、効率の向上が重要である。従来モデルとの発電効率の比較を図 5 に示す。主要な構成機器の性能向上や回転機などの補機類の効率向上などにより、効率の向上を実現した。

**3.2.2 設置スペースの削減** エネファームは建家に隣接して設置されることが一般的であるが、都市部では建家と敷地境界が狭い場合が多い。このため、エネファームを設置したいがスペース不足で断念しているという声が少なからず存在した。この課題に対して以下に述べる技術を採用することで、設置幅を従来の 79 cm から 70 cm に狭めることに成功した。

従来機では機器の幅は 30 cm であり、これに背面スペースとして 1 cm と、定期点検などメンテナンスのために正面に 48 cm の合計 79 cm のスペースが必要であった。これに対し新モデルでは、正面から側面メンテナンスに変更することで、正面に必要なスペースを削減して省スペースを実現した。側面メンテナンスを実現させるため、図 6 に示す側面パネルと正面



パネルの構造を工夫した。これにより、リスクの高い変更を行わず、信頼性を維持しつつ設置性の向上を実現した。

**3.2.3 騒音値の低減** 一般的なエコキュートなど給湯機が 42 ~ 45 dB であることを考えると、従来モデルの 38 dB は非常に静かなレベルだと言える。しかし、狭小地へ設置ができるモデルとしたことから、更なる低減を図り 37 dB を実現した。

騒音値の低減は、パーツごとに音を評価し比較的大きい音を様々な工夫により減らすことで実現した。主に、開口部面積の縮小化や、回転機振動の筐体 (きょうたい) への伝導防止策などの効果により、図 7 に示すとおり 4 方向全てを 37 dB 未満とすることができた。

**3.2.4 コストの低減** 2009 年度からのコスト低減の推移を図 8 に示す。様々な取組みにより、毎年確実にコスト低減を実現してきた。新モデルでは、型成形方式の適用を拡大し部品点数や溶接工数を更に削減した改質器の採用や、低コスト部材として樹脂製部品の採用 (図 9) を進めたことにより、2009 年から 50 % 以上のコスト低減を実現した。

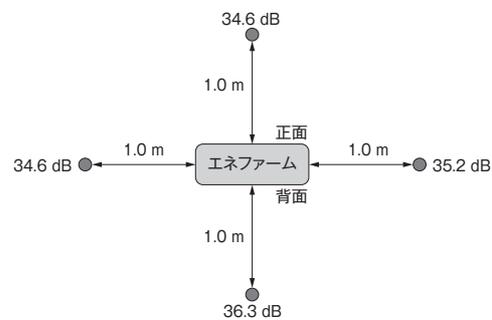
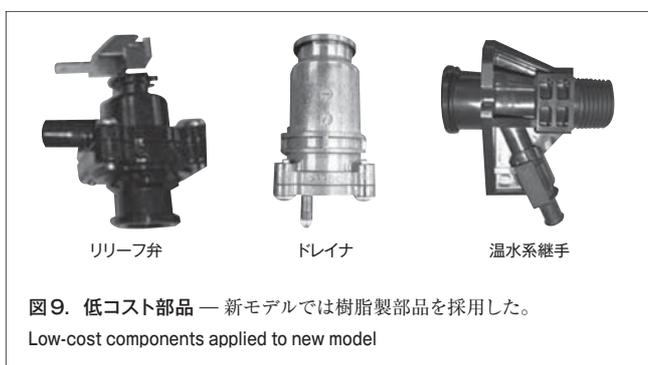
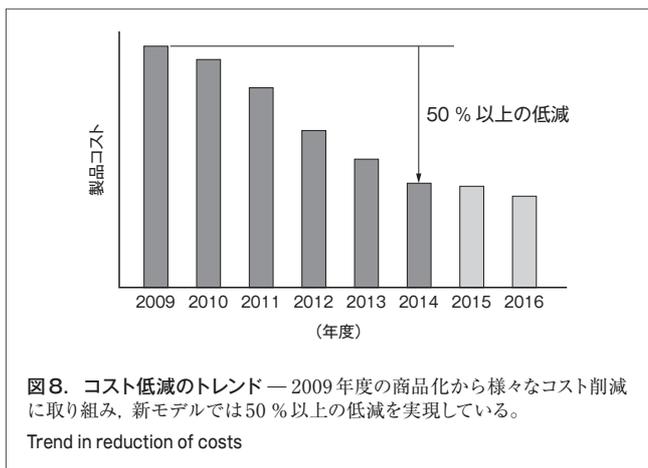


図 7. 騒音計測値 — 代表機での 4 面の騒音計測値は、2012 年度モデルに比べ 4 方向全てで低騒音化を達成した。

Measured noise values of new model at 1 m in four directions



### 3.3 東芝製エネファームの優れた機能と性能

当社が蓄積してきた燃料電池システム技術を駆使して開発したエネファームは、業界をリードする以下の特長を備えている。

#### 3.3.1 10年間ほぼ連続で発電できる電池耐久性

当社の燃料電池は、セル内水管理の改良によってガス拡散性低下の抑制に成功し、業界最長<sup>(注2)</sup>の8万時間の耐久性を備えている(図10)。これにより、10年間の運転に対して機器の制約が事実上なく、湯の使用量が多い家庭では“連続運転”，少ない家庭では“毎日停止運転”など、エネルギー需要に最適な運転ができ、経済メリットと省エネメリットを最大化した運転が可能になっている。

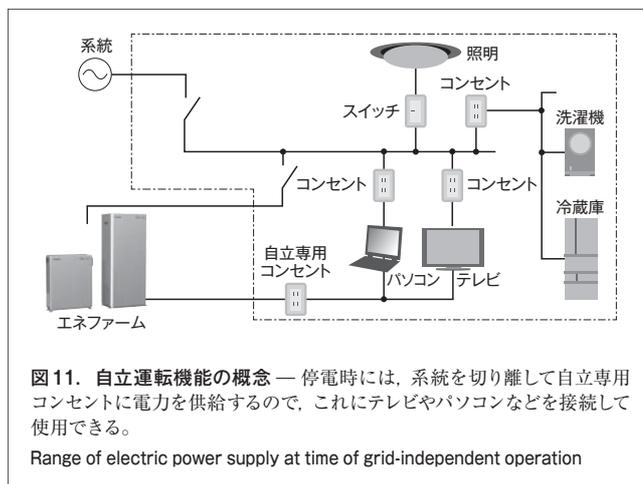
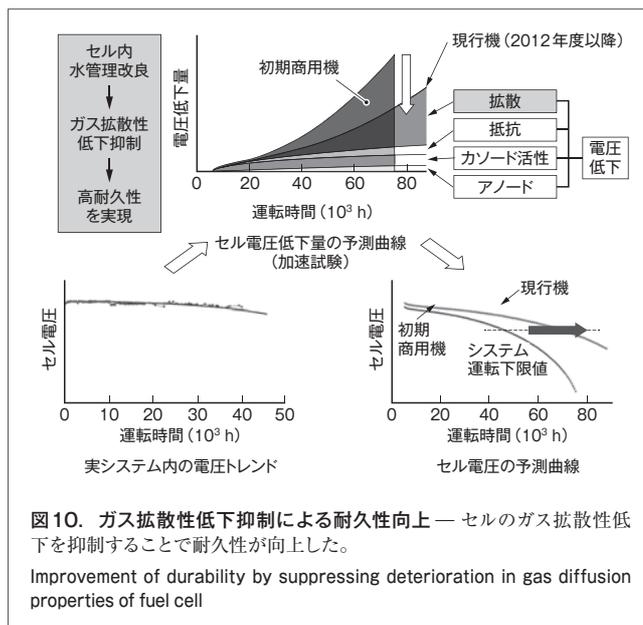
#### 3.3.2 発電中に定期点検が可能

新モデルにおいても、空気フィルタ及び水処理樹脂ボトルを3.5年ごとに交換する必要がある。従来機と同様に発電中に交換を実施できるため、起動や停止の待ち時間が不要で、約30分で作業が完了する。エンドユーザーや保守員に負担の少ない機能を踏襲している。

#### 3.3.3 自立運転機能

2012年度のモデルから搭載の自立運転機能を新モデルでも採用している(図11)。当社製エネファームの自立運転機能の特長は、初期コストを抑えることを優先し、蓄電池などの高価な外部電源を必要としないシステムとすることで、停電対応システムの導入コストを必要最小

(注2) 2014年4月現在、当社調べ。



限に抑えたことにある。制御の工夫により、蓄電池などのエネルギー吸収要素がなくても、自立運転時の速い負荷変動に対応できる。

## 4 今後の取組み

### 4.1 集合住宅向け対応

政府目標の2030年530万台の導入を実現するには、適用範囲の拡大を目指す必要がある。この観点から、当社は既存技術をベースに、集合住宅向け仕様を開発している。ベランダ設置型は2013年に設置実績があるが、新たにパイプシャフトに設置可能なエネファームの開発を進めている。耐震・耐風性の向上や、給排気をFF(強制給排気)方式とするなどを検討している(図12)。

### 4.2 拡張自立運転機能

当社製エネファームの自立運転機能は、停電時にエネファーム

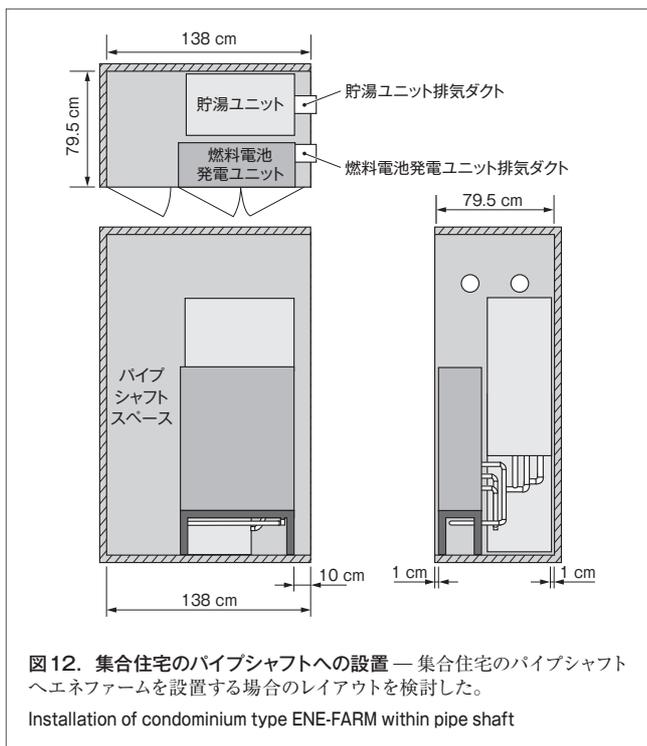


図12. 集合住宅のパイプシャフトへの設置 — 集合住宅のパイプシャフトへエネファームを設置する場合のレイアウトを検討した。  
Installation of condominium type ENE-FARM within pipe shaft

ムが停止状態であった場合には単独で起動して自立運転に移行できないという課題がある。この課題を克服するため、小型の蓄電池を燃料電池システムに組み込めば停電時でも起動が可能になる。また、インバータ定格出力をアップさせることで、平常時の系統連系運転時にも電力供給率を上げられるとともに、停電の自立発電時にも、比較的大容量の電気製品を駆動させることが可能になる(図13)。このシステムを、コストを抑えて提供することを目標に開発を進めている。

### 4.3 海外展開

エネファームの優れた技術と製品を海外市場に展開したい

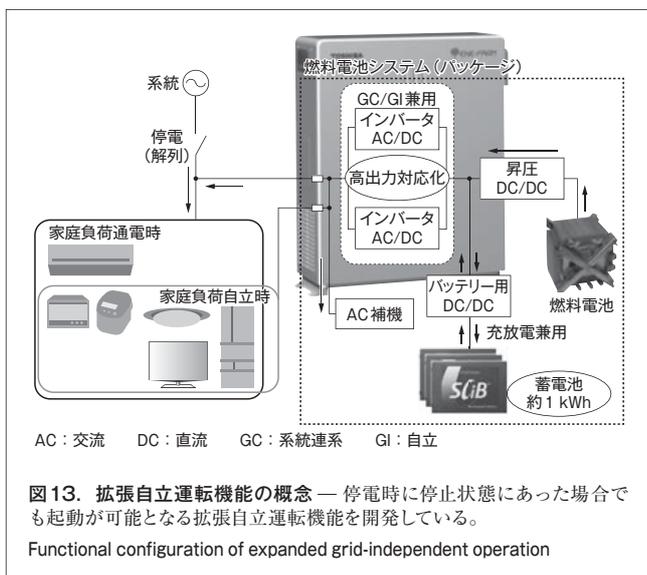


図13. 拡張自立運転機能の概念 — 停電時に停止状態にあった場合でも起動が可能となる拡張自立運転機能を開発している。  
Functional configuration of expanded grid-independent operation

と考えている。エネルギー料金や、国の規模、国民の環境意識、政府のサポートなどを踏まえると、欧州や韓国市場が早期に立ち上がると予測される。当社は、欧州市場をターゲットとし、BAXI Innotech社と共同開発を開始している。また将来的なポテンシャルとして米国市場がある。当社製エネファームは、国内で唯一不純ガスを含む国産天然ガスに対応しており、海外の多様な燃料に適應できる利点がある。今後、国内事業を確実に成長させるとともに海外市場への展開を図っていく。

### 4.4 純水素型燃料電池

将来の水素社会に向けて、当社は純水素型燃料電池を開発している。これまでに様々なプロジェクトに30台程度を提供してきており、今後の燃料電池自動車用の水素ステーション普及などを鑑み、開発を推進していく。

## 5 あとがき

当社は、2009年にエネファームを実用化して以降、その技術を継承し発展させ、2014年度の新モデルでは家庭用燃料電池システムとして更なる高性能化と高付加価値化を実現した。

今後も、装置自体の改良と、普及拡大のためのアプリケーション提案などを積極的に行い、ユーザーにとって環境志向性の高い魅力的な分散電源として確固たる地位を築き、導入目標の530万台達成に向けて貢献していきたい。

## 謝辞

エネファームの商品化にあたり、多大なご支援とご指導をいただいた経済産業省、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、一般財団法人新エネルギー財団(NEF)、及び関係各社の方々に感謝の意を表します。

## 文献

- (1) FCA. “民生用燃料電池導入緊急対策費補助金集計データ”. FCAホームページ. <<http://www.fca-enefarm.org/kinkyutaisaku/data/index.html>>, (参照 2014-04-15).
- (2) 中島 良 他. 地球温暖化防止に貢献する家庭用燃料電池 エネファーム. 東芝レビュー. 64, 10, 2009, p.46 - 49.



小川 雅弘 OGAWA Masahiro

東芝燃料電池システム(株) 技術部長。  
りん酸形燃料電池及び家庭用燃料電池エネファームの開発に従事。  
Toshiba Fuel Cell Power Systems Corp.



矢吹 正徳 YABUKI Masanori

東芝燃料電池システム(株) 技術部 システム技術担当主務。  
りん酸形燃料電池及び家庭用燃料電池エネファームの開発に従事。電気学会会員。  
Toshiba Fuel Cell Power Systems Corp.